

УДК 551.463.262

## ГОЛОПЛАНКТОН АКВАТОРИЙ КУРОРТНЫХ ГОРОДОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Ж.П. Селифонова

Рассмотрены особенности распределения таксономического состава, численности и сезонной динамики голопланктона акваторий курортных городов Анапы, Геленджика и Сочинского порта. Выявлено, что эти акватории имели достаточно высокую степень фаунистического сходства. Обнаруженные отличия в количественном распределении голопланктона обусловлены главным образом разными условиями водообмена и уровнями антропогенной нагрузки. Значительное воздействие на изменение структуры голопланктонных сообществ оказывали гидрометеорологические условия и пресс хищного гребневика *Mnemiopsis leidyi*. Сезонная динамика голопланктона характеризовалась выраженными летне-осенними подъемами обилия, которые отсутствовали в прибрежных водах северо-восточного шельфа в 1990-е годы в период вспышки развития хищного гребневика мнемииопсиса. Осенью основной вклад в численность вносили *Sopropoda*, летом – *Sopropoda* и *Cladocera*. В Анапской и Геленджикской бухтах в наиболее теплый 2010 г. выявлена невиданная осенняя вспышка развития циклопидной копеподы *Oithona davisae*, занесенной в Черное море с балластными водами коммерческих судов. В районе Сочинского порта в ноябре 2012 г. при достаточном прогреве вод отмечено многократное возрастание плотности ранее редких олиготрофных форм *Sopropoda* – *Paracalanus parvus*, *Centropages ponticus*, а также обычных черноморских видов – *Acartia clausi*. Позитивные изменения, отмеченные в голопланктоне акваторий курортных городов, свидетельствуют об улучшении экологического состояния прибрежных вод Черного моря.

**Ключевые слова:** голопланктон, численность, сезонная динамика, Анапская, Геленджикская бухты, Сочинский порт.

Наблюдения последних лет свидетельствуют о существенных изменениях в структурно-функциональной организации экосистем акваторий портовых городов (Новороссийска и Туапсе) северо-восточного шельфа Черного моря (Селифонова, 2012а). Позитивные перемены произошли на фоне ослабления пресса хищного гребневика *Mnemiopsis leidyi* А. Agassiz 1865, климатических осцилляций и снижения уровня эвтрофикации Черного моря (Заика, 2011). Вместе с тем аномальная ситуация с непрекращающимся потоком видов-вселенцев приводит к тому, что портовые экосистемы не функционируют в эволюционно сложившемся стационарном режиме, а все время перестраиваются (Селифонова, 2012а). Динамика таксономического состава и показателей развития голопланктона в полной мере отражает процессы, происходящие в прибрежных черноморских экосистемах (Виноградов и др., 2006). Однако работ, посвященных изучению современных тенденций развития голопланктона в акваториях курортных городов Анапы, Геленджика и Сочи, в литературе нет. Если в конце 1970–1990-х годов в Геленджикской бухте большое количество на-

блюдений над составом планктонных сообществ выполнено сотрудниками Южного отделения Института океанологии и Южморгеологии (Мамаева и др., 1983; Геоэкологические..., 2003), то в прибрежных водах г. Сочи исследования зоопланктона носили фрагментарный характер и не охватывали акваторию порта (Горайнова и др., 2011). Мониторинг зоопланктона не проводили также в мелководной Анапской бухте, исключение составляют работы по меропланктону (Селифонова, 2012б).

Анапа, Геленджик, Сочи – известные климатические и бальнеологические здравницы России, прибрежные воды которых испытывают все возрастающую рекреационную нагрузку. Разные условия водообмена и уровни рекреационной нагрузки формируют особенности экологического режима, характерные для каждого из исследуемых районов. Мелководная Анапская бухта (глубина 2,5–7,5 м) расположена к востоку от мыса Анапский. Перегруженный отдыхающими участок косы отделяет Анапскую бухту от плавней и пересекается протокой р. Анапка. Основным источником загрязнения бухты является

деградировавшая в болото р. Анапка, которая несет избыточное количество органических веществ и прочих загрязнителей с территории города, пригородных поселков, виноградников, полей и других сельскохозяйственных объектов. Яркий пример последствий такого локального переудобрения прибрежных вод – летнее цветение у пляжей Анапы нитчатой зеленой водоросли кладофоры бродячей *Cladophora vagabunda* (Linnaeus) Ноек, 1963 (Verzhinin, Kamnev, 2001). Массовое размножение и накопление в прибрежных водах гниющих водорослей – одна из самых актуальных проблем курорта Анапа.

Геленджикская бухта вдается в берег и имеет подковообразную форму. Колебание глубины составляет 5–12 м. За счет рекреации и особенностей циркуляции вод в полузакрытой Геленджикской бухте в летний сезон значительно возрастает уровень антропогенного загрязнения вод. В конце 1970-х годов величины первичной продукции и биомассы бактериопланктона в бухте достигали уровня мезотрофных вод, в 1980-е годы трофический статус водоема изменился с мезотрофного на эвтрофный и в период максимального прогрева вод приблизился к гиперэвтрофному (Мамаева и др., 1983). Тем не менее экосистема Геленджикской бухты справлялась с антропогенной нагрузкой и обеспечивала быстрое биологическое самоочищение воды, сдерживая запас усвояемого органического вещества на приемлемом уровне (Сорокин, 1996). В конце 1990-х годов по содержанию биогенных элементов воды бухты соответствовали олиготрофно-мезотрофным (Геоэкологические..., 2003; Якушев и др., 2000).

Морской порт Сочи расположен в устье р. Сочи (площадь 0,02 км<sup>2</sup>, глубина до 9,2 м). Это единственный специализированный пассажирский порт России на Черном море. В г. Сочи сосредоточено более половины курортного потенциала Краснодарского края. Интенсивная рекреационная нагрузка, многочисленные береговые стоки и реки способствуют загрязнению прибрежных вод. По инициативе экспертов Международного экологического движения «Terra Viva» г. Сочи планируется включить в список объектов Всемирного природного и культурного наследия ЮНЕСКО ([www.terra-viva.ru/news/178](http://www.terra-viva.ru/news/178)). Однако разработка перспективной программы улучшения экологической обстановки прибрежных вод г. Сочи, а также других курортных городов северо-восточного шельфа невозможна без организации системы специальных наблюдений – экологического мониторинга планктонных сообществ.

Цель работы – изучение видового состава и численности голопланктона акваторий черноморских курортов Анапы, Геленджика и Сочи.

### Материалы и методы

Планктонные пробы в акваториях Анапы и Геленджика собирали в разные сезоны 2004–2011 гг. (с перерывами), в Сочинском порту – в июле–августе и ноябре 2012 г. (рис. 1). Для каждого из полигонов вычисляли средние показатели численности голопланктона. Пробы зоопланктона собирали средней сетью Джели (диаметр входного отверстия 25 см, размер ячеек 120 мкм) методом тотальных ловов. Пробы фиксировали раствором нейтрального формалина до конечной концентрации 2–4% и обрабатывали в лабораторных условиях по стандартной методике (Современные..., 1983). Количественную оценку голопланктона проводили аналогично выполненным ранее исследованиям меропланктона (Селифонова, 2012б) с учетом коэффициента уловистости сети, принимая, что он равен двум, а для организмов меньше 250 мкм – десяти, согласно предложенной ранее методике (Шушкина, Виноградов, 2002).

Для выявления особенностей видовой структуры голопланктона использовали метод многомерного шкалирования (MDS-анализ) (Песенко, 1982; Clarke, 1993; Clarke, Warwick, 1994). Выделение фаунистических группировок с учетом количественного развития особей выполняли методом кластерного анализа. Выравненность таксономической структуры оценивали с помощью индекса Pielou (%), доля разнообразия от максимально возможного при данных условиях). Оценку видового разнообразия проводили по индексу Шеннона

$$H' = -\sum p_i \ln p_i,$$

где  $p_i$  – доля особей  $i$ -го вида.

Индекс Шеннона выражали в количестве «нит/особь» (коэффициент перевода в биты 1,4426) (Протасов, 2002). Материал обрабатывали с помощью пакета прикладных программ для анализа биологических данных PAST 1.18.

### Результаты и обсуждение

#### Анапская бухта

В составе голопланктона отмечено 38 таксономических форм: Copepoda (24), Cladocera (4), Rotifera (5), Stenophora (2), Dinophyceae (*Noctiluca scintillans* (Macart., 1810)) (1), Chaetognatha (1), Appendicularia (*Oikopleura dioica* Fol., 1872) (1). В составе Copepoda отмечено 5 чужеродных видов – *Paracalanus*

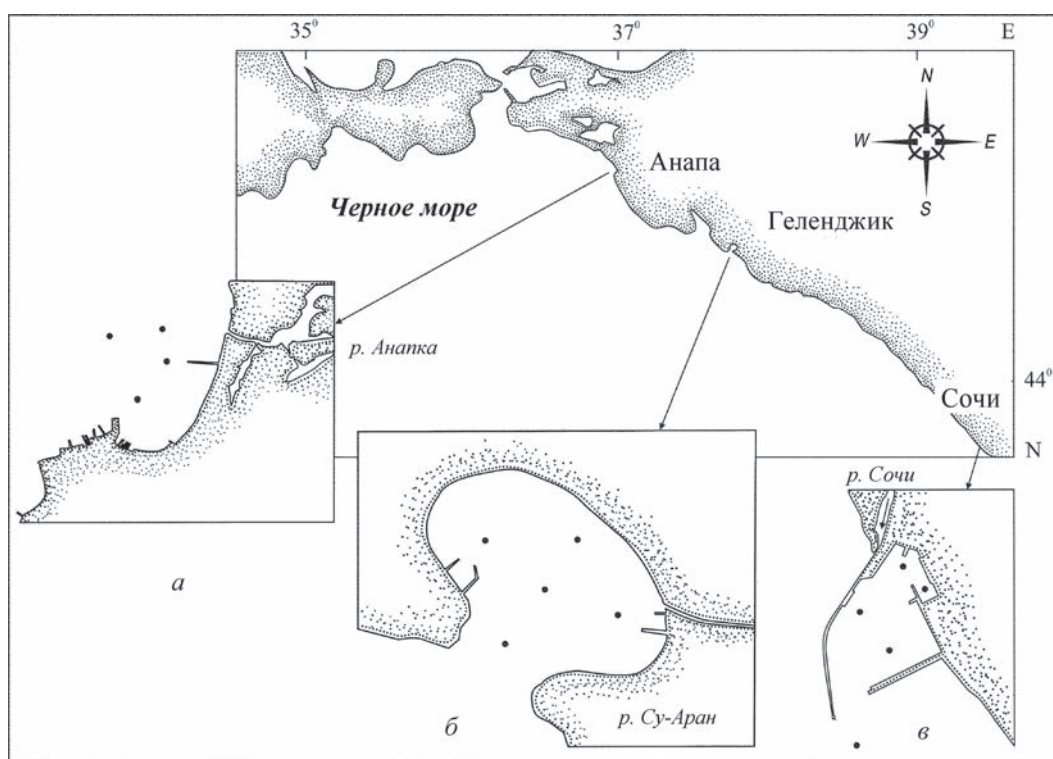


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб зоопланктона: а – Анапская бухта, б – Геленджикская бухта, в – Сочинский порт

*quasimodo* Bowman, 1971; *Clausocalanus arcuicornis* Dana, 1849; *Centropages kroyeri* Giesbr., 1893; *Stenocalanus vanus* Giesbr., 1888; *Calanopia elliptica* (Dana, 1849). В Анапскую бухту новые виды попали, скорее всего, с течениями из акватории нефетерминала «КТК-Р» пос. Южная Озереевка, где производится сброс балластных вод коммерческих судов. Голопланктонные организмы составляли 75% от общего количества зоопланктона. По многолетним наблюдениям численность кормовых организмов варьировала в пределах 1,8–37,7 тыс. экз./м<sup>3</sup> (в среднем 11,7 тыс. экз./м<sup>3</sup>), биомасса 0,005–0,700 г/м<sup>3</sup> (в среднем 0,21 г/м<sup>3</sup>). Высокие показатели численности голопланктона были характерны для июля и сентября (31,7–37,4 тыс. экз./м<sup>3</sup>) (рис. 2). Биомасса в периоды подъема численности достигала 0,7 г/м<sup>3</sup>.

**Сорепода** (веслоногие раки) – наиболее многочисленная группа кормового голопланктона (87,2% от суммарного количества). Их среднееголетняя численность составляет 11,6 тыс. экз./м<sup>3</sup>, что в два раза ниже, чем в акватории Геленджикской бухты. В составе таксоцены *Acartia*, средняя численность которого достигает 8,8 тыс. экз./м<sup>3</sup>, нами идентифицированы две таксономические формы: *Acartia clausi* Giesbr, 1889 «большая» и *A. tonsa* Dana, 1849. *A. clausi* – эвритермный круглогодичный вид, *A.*

*tonsa* – теплолюбивый stenotherмный вид, который существует в планктоне с июня по ноябрь. С конца июня популяция *A. tonsa* может превосходить *A. clausi* по численности (60%), достигая пика в развитии в июле–сентябре (Селифонова, 2012а). Выраженные подъемы численности *A. tonsa* наблюдали в июле (10,6 тыс. экз./м<sup>3</sup>) и августе (3–5 тыс. экз./м<sup>3</sup>), *A. clausi* – в ноябре (5 тыс. экз./м<sup>3</sup>) (рис. 3). Популяция *Paracalanus parvus* (Claus, 1863) в заметном количестве развивалась в июле (11,2 тыс. экз./м<sup>3</sup>) и ноябре (5,6 тыс. экз./м<sup>3</sup>), популяция *Centropages ponticus* Karav., 1895 – в июле (3,6–6,7 тыс. экз./м<sup>3</sup>). Младшие копепоидитные стадии и науплии холодноводного *Calanus euxinus* Hulsemann, 1991 в планктоне бухты были обильны в апреле (5,3 тыс. экз./м<sup>3</sup>). Считается, что зимой и ранней весной *C. euxinus* проникает на нерест в мелководные зоны из халистаз (Загородняя и др., 2007). Максимальная численность *Oithona similis* Claus, 1866 (Cyclopoidea) в мае и апреле в Анапской бухте составляла не более 0,3 тыс. экз./м<sup>3</sup>. В последние годы с конца лета–осени в бухте наблюдалось чрезвычайно быстрое размножение и распространение чужеродной циклопоидной копеподы *Oithona davisae* Ferrari, Orsi, 1984. Впервые вид зарегистрирован в Севастопольской бухте в 2001 г., в Новороссийской бухте – в 2003 г.

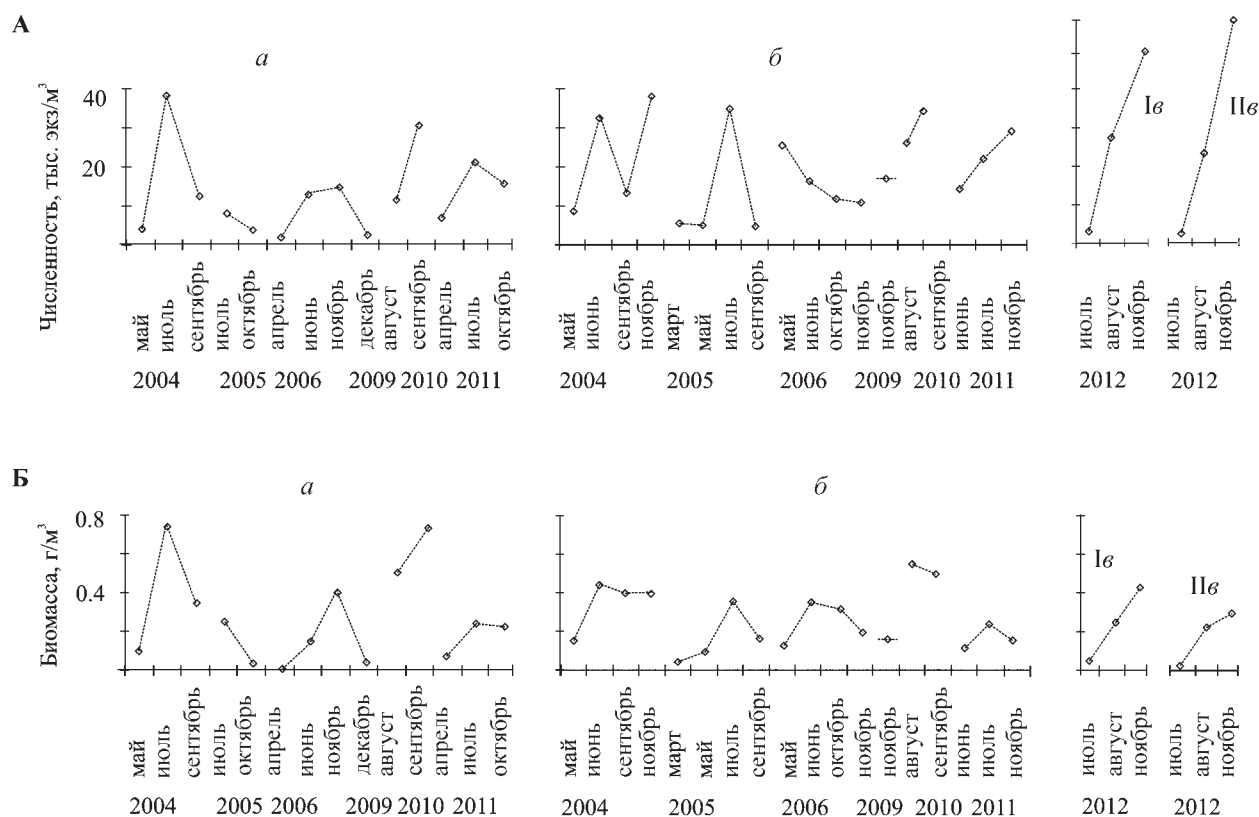


Рис. 2. Динамика численности (А) и биомассы (Б) голопланктона (без учета ноктилюки, гребневиков и синхет): а – Анапская бухта, б – Геленджикская бухта, в – Сочинский порт (Iв – порт, Iи – открытая часть)

В Анапской бухте вид впервые отмечен в октябре 2005 г. (0,05 тыс. экз./м<sup>3</sup>) и повторно обнаружен в декабре 2009 г. (0,8 тыс. экз./м<sup>3</sup>). В августе 2010 г. численность вида достигала 5,0 тыс. экз./м<sup>3</sup>, в сентябре – 22,0 тыс. экз./м<sup>3</sup>, в июле 2011 г. – 20,2 тыс. экз./м<sup>3</sup>, в октябре – 7,2 тыс. экз./м<sup>3</sup>. Следует отметить, что наибольшие концентрации теплолюбивых видов копепод *A. tonsa*, *C. ponticus*, *O. davisae* отмечены на более мористых станциях.

**Cladocera** (ветвистоусые раки). Их общее количество в Анапской бухте было в два раза ниже по сравнению с Геленджикской бухтой. *Pleopis polyphemoides* (Leuck., 1859) развивался в заметных концентрациях в 2004–2006 гг., когда его максимальная численность достигала 3,6–5,6 тыс. экз./м<sup>3</sup>. Подъем численности *Penilia avirostris* Dana, 1849 отмечен в сентябре (12,7 тыс. экз./м<sup>3</sup>), *Pseudevadne tergestina* (Claus, 1877) – в конце июля (3,3 тыс. экз./м<sup>3</sup>). В 2010–2011 гг. общее количество кладоцер возросло в 1,5 раза. Вместе с тем крупноразмерные виды кладоцер *P. avirostris*, *P. tergestina* в зонах интенсивной рекреации были представлены слабо

**Прочие организмы.** Обилие коловраток *Synchaeta* sp. в Анапской бухте было самым низким

по сравнению с полузакрытыми портами и бухтами северо-восточного шельфа Черного моря. Интенсивное размножение коловраток отмечено в апреле, когда их максимальная численность достигала 270–280 тыс. экз./м<sup>3</sup> (табл. 1). Подъем численности *Noctiluca scintillans* отмечен в июне 2004 г. (6,7 тыс. экз./м<sup>3</sup>). В последующие годы вид встречался реже. Аппендикулярии *Oikopleura dioica* высоких величин численности достигали в июне–июле (2,0 тыс. экз./м<sup>3</sup>). Щетинкочелюстные организмы *Sagitta setosa* Muller, 1847 в значительном количестве в бухте не развивались (максимум 0,3–0,6 тыс. экз./м<sup>3</sup>).

#### Геленджикская бухта

В составе голопланктона отмечено 26 таксономических форм: Copepoda (13), Cladocera (4), Rotifera (4), Stenophora (2), Dinophyceae (1), Chaetognatha (1), Appendicularia (1). Голопланктонные организмы составляли 83% от общей численности зоопланктона. Численность кормовых организмов без учета желетельных форм (ноктилюки, гребневиков) и коловраток синхет колебалась от 5,0 до 36,9 тыс. экз./м<sup>3</sup> при средних значениях 19,7 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса составляла 0,08–0,57 г/м<sup>3</sup> (в среднем 0,27 г/м<sup>3</sup>).

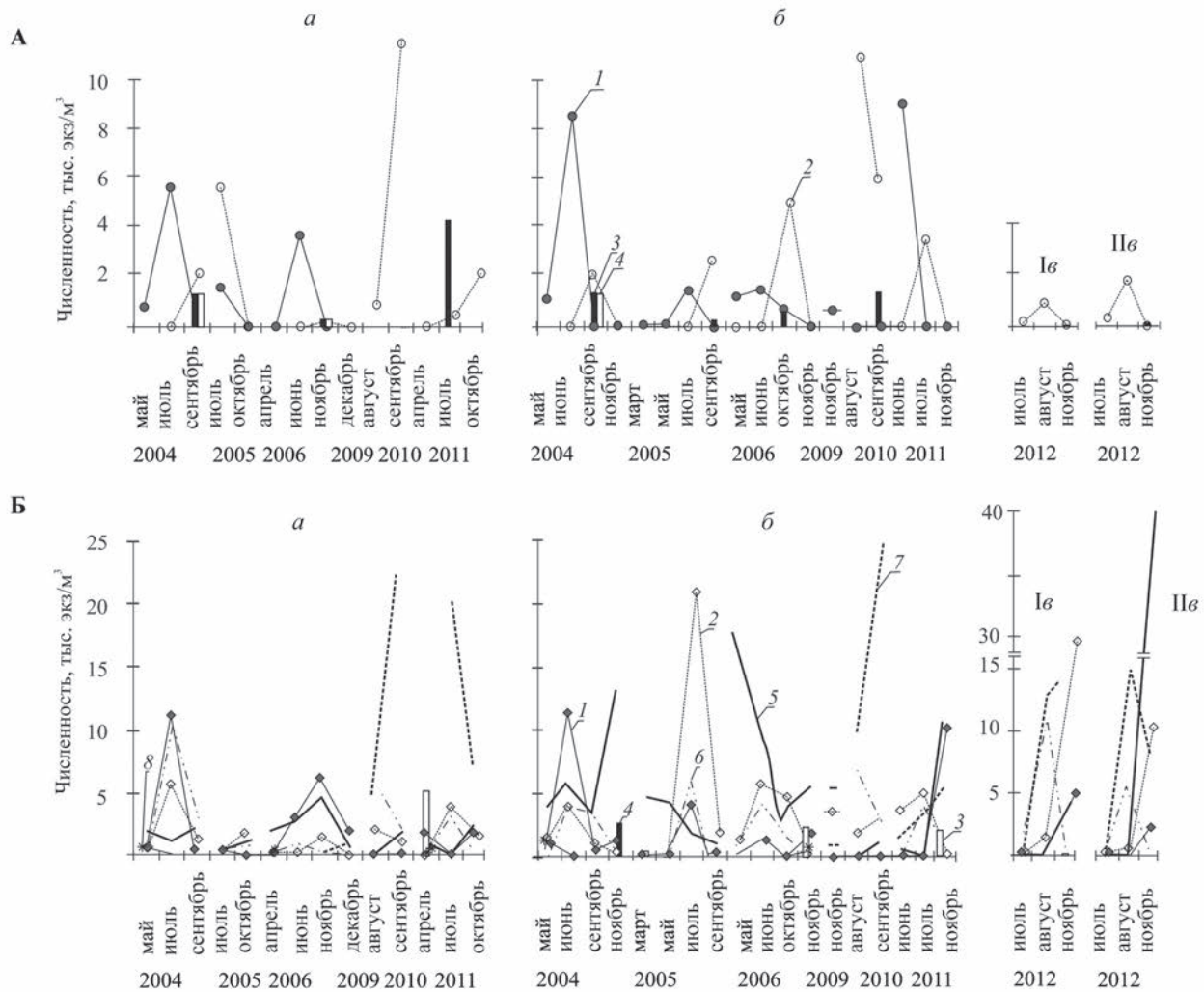


Рис. 3. Динамика численности ветвистоусых (А – Cladocera): 1 – *Pleopis polyphemoides*, 2 – *Penilia avirostris*, 3 – *Pseudevadne tergestina*, 4 – *Evadne spinifera* и веслоногих (Б – Copepoda) раков: 1 – *Paracalanus parvus*, 2 – *Centropages ponticus*, 3 – *Calanus euxinus*, 4 – *Pseudocalanus elongatus*, 5 – *Acartia clausi*, 6 – *A. tonsa*, 7 – *Oithona davisae*, 8 – *Oithona similis* (а – Анапская бухта, б – Геленджикская бухта, в – Сочинский порт)

**Сорепода.** Веслоногие раки составляли 75,5% от суммарного количества кормового планктона. В их составе наиболее обильно был представлен таксон *Acartia* (11,8 тыс. экз./м<sup>3</sup>). Выявленные подъемы численности *A. tonsa* отмечены в июле и августе (6–7 тыс. экз./м<sup>3</sup>). В период максимального развития популяции (август) вид полностью вытеснял из планктона *A. clausi*. Стенотермный теплолюбивый вид *C. ponticus* в бухте давал несколько выраженных подъемов численности: в июне, июле и октябре. В период интенсивного развития самок (июль 2005 г.) численность вида достигала 21 тыс. экз./м<sup>3</sup>. Что касается популяций эвритермных видов, то численность *A. clausi* возрастала в мае (17 тыс. экз./м<sup>3</sup>) и ноябре (11–13,6 тыс. экз./м<sup>3</sup>), численность *P. parvus* – в июне (11 тыс. экз./м<sup>3</sup>) и июле (4 тыс. экз./м<sup>3</sup>). Подъ-

емы численности популяций холодноводных копе-под *Pseudocalanus elongatus* (Voeck, 1865) и *Calanus euxinus* Hulsemann, 1991 отмечены в ноябре ( $\leq 2$  тыс. экз./м<sup>3</sup>), а *Oithona similis* Claus, 1866 – в мае и ноябре (0,5–0,9 тыс. экз./м<sup>3</sup>). Что касается *O. davisae*, то в Геленджикской бухте, где портовый комплекс развит слабо, в сентябре 2005 г. найдено всего несколько экземпляров. В ноябре 2009 г. вид снова появился в бухте в количестве 5,5 тыс. экз./м<sup>3</sup>, в августе 2010 г. его численность возросла до 10 тыс. экз./м<sup>3</sup>, в сентябре – до 25 тыс. экз./м<sup>3</sup>. Вид доминировал в голопланктоне, достигая 80% от суммарного количества. В 2011 г. в июле и ноябре численность *O. davisae* не превышала 3–6 тыс. экз./м<sup>3</sup>. Наибольшие концентрации теплолюбивых видов копепод отмечены в зоне влияния открытых вод (центр бухты, морпорт), а наи-

Таблица 1  
Численность голопланктона (тыс. экз./м<sup>3</sup>) в акватории г.Анапа

Таксономические формы	Год, месяц																	
	2004			2005			2006			2009			2010			2011		
	V	VI	IX	VII	X	IV	VI	XI	XII	VIII	IX	IV	VII	X				
<i>Noctiluca</i>	1,70	6,70	0	2,8	0	0,9	0,05	0	0	0	0	0,5	0	0,01				
<i>Synchaeta</i>	33,60	0	0	0,00	0	279	0	0	0	0	271	0	0					
<i>Sagitta</i>	0,03	0,09	0,05	0,10	0,02	0	0,004	0,5	0,01	0,6	0	0,08	0					
<i>Oikopleura</i>	0,00	2,00	0,80	0,00	0,04	0,006	2,1	0,02	0	0	0	0	0					

Таблица 2

Численность голопланктона (тыс. экз./м<sup>3</sup>) в акватории г.Геленджик

Таксономические формы	Год, месяц																	
	2004			2005			2006			2009			2010			2011		
	V	VI	IX	XI	III	V	VII	IX	V	VI	X	XI	VIII	IX	VI	VII	XI	
<i>Noctiluca</i>	2,2	11,2	0	0,25	0,56	10,5	1,6	0	8,9	2,9	0	0,9	0	0	1,4	0,7		
<i>Synchaeta</i>	18,4	3,2	0	0	560	55,9	0	0	225	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Sagitta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0	0,74	0,04	0,008	0	0,35	0	0,008		
<i>Oikopleura</i>	0	2,0	0,84	0	0	0	0	0,13	0	0,99	1,1	0	0	0	0	0,005		

меньшие – в районах интенсивной рекреации (городские пляжи).

**Cladocera.** Ветвистоусые раки составляли 21% кормового голопланктона при среднемноголетней численности 4 тыс. экз./м<sup>3</sup>. Самым многочисленным был крупный вид – *P. avirostris*. Его численность в сентябре–октябре 2004–2006 гг. составляла 2–5 тыс. экз./м<sup>3</sup> и достигала максимальных значений в августе 2010 г. (11 тыс. экз./м<sup>3</sup>). За последние годы количество вида в среднем возросло в три раза. Мелкоразмерный *P. polyphemoides* достигал высокой численности (8,5–9 тыс. экз./м<sup>3</sup>) в июне 2004 и 2011 гг., в остальные периоды наблюдений его обилие составляло не более 1,5 тыс. экз./м<sup>3</sup>. Показатель чистых вод *P. tergestina*, ранее довольно редкий вид (Коваль, 1984), в бухте отмечен в количестве не более 1,2 тыс. экз./м<sup>3</sup>. В районах интенсивной рекреации *P. avirostris* и *P. tergestina* развивались слабо.

**Прочие организмы.** Весной в бухте отмечено обильное развитие коловраток *Synchaeta* sp. Их среднемноголетняя величина достигала 143 тыс. экз./м<sup>3</sup>. Особенно много отмечено синхет в марте 2005 г., когда их количество приблизилось к рекордным для северо-восточного шельфа величинам – 560 тыс. экз./м<sup>3</sup>. Во время интенсивного размножения их доля в суммарной численности голопланктона достигала 95–99% (табл. 2). Вклад хищных щетинкочелюстных организмов *S. setosa* в обилие голопланктона был невелик (максимум 0,35–0,70 тыс. экз./м<sup>3</sup>). В периоды подъемов численности популяции (июнь, сентябрь) отмечены главным образом мелкоразмерные особи  $L = 1,5–2,0$  мм. В то же время аппендикулярии *O. dioica* в отдельные месяцы (июнь, сентябрь и ноябрь) достигали довольно высокой численности 1–2 тыс. экз./м<sup>3</sup>.

**Сочинский порт**

Видовой состав голопланктона был беднее в сравнении с акваториями Геленджика и Анапы, что связано, очевидно, с небольшим количеством наблюдений и отсутствием чужеродных видов. В его составе отмечено 16 таксономических форм, в том числе: Copepoda (7), Cladocera (4), Stenophora (2), Dinophyceae (1), Chaetognatha (1), Appendicularia (1). Голопланктонные организмы составляли 98% от общего количества зоопланктона. Численность голопланктона в акватории порта колебалась от 3 тыс. экз./м<sup>3</sup> в июле до 54 тыс. экз./м<sup>3</sup> в ноябре (среднее значение 29 тыс. экз./м<sup>3</sup>), биомасса – от 0,04–0,4 г/м<sup>3</sup> (среднее значение 0,24 г/м<sup>3</sup>). В открытой части численность колебалась в пределах от 1,8 до 62,2 тыс. экз./м<sup>3</sup> (среднее значение 29 тыс. экз./м<sup>3</sup>), биомасса – от 0,03 до 0,30 г/м<sup>3</sup> (среднее значение 0,19 г/м<sup>3</sup>). Наиболее низкие показатели обилия голопланктона отмечены в начале июля, когда хищный гребневик *M. leidyi* достигал сезонного максимума развития, а количество его молоди ( $L = 1,5–3,0$  мм) в акватории порта составляло 106 экз./м<sup>2</sup>. Появление в августе гребневика *Beroe ovata* Mayer, 1912 (10 экз./м<sup>2</sup>,  $L = 5–30$  мм), основным объектом питания которого служит мнемипсис, закономерно повлекло за собой увеличение обилия голопланктона. Аномально высокая температура воды ноября (20°C) (рис. 4) при отсутствии хищников способствовала дальнейшему росту обилия голопланктона до 54,0–62,2 тыс. экз./м<sup>3</sup> при биомассе 0,3–0,5 г/м<sup>3</sup>.

**Copepoda.** Веслоногие раки составляли 90–97% от общего количества голопланктона. Численность таксона *Acartia* в портовой акватории (5,5 тыс. экз./м<sup>3</sup>)

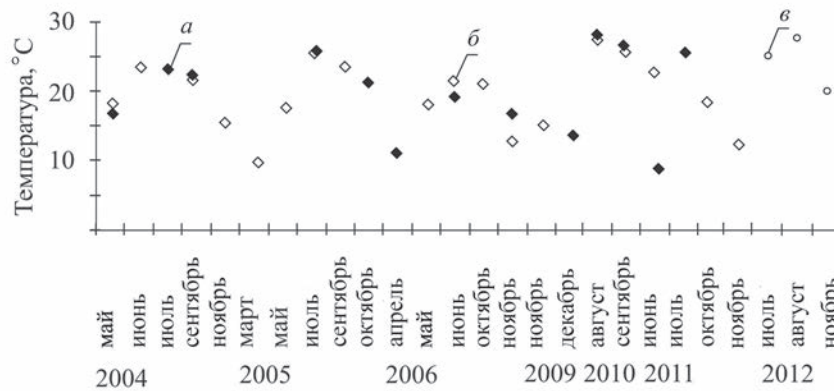


Рис. 4. Динамика температуры поверхностного слоя воды: а – Анапа, б – Геленджик, в – Сочи

была в 3 раза ниже, чем в открытой. В июле доля *A. tonsa* колебалась от 12,9 до 14,2%, в августе вид абсолютно доминировал в составе таксоцены. Численность вида в период максимальной популяционной плотности варьировала от 10,8 тыс. экз./м<sup>3</sup> в порту до 5,5 тыс. экз./м<sup>3</sup> в открытой части. Максимум численности эвритермного вида *A. clausi* отмечен в ноябре. В порту количество вида достигало 4,7 тыс. экз./м<sup>3</sup>, в открытой части было на порядок выше. Из других копепод в августе заметно развивался *S. ponticus* (0,8–2,3 тыс. экз./м<sup>3</sup>), причем его количество в портовой акватории было почти в три раза выше по сравнению с открытой частью. В ноябре количество вида возросло от 11,0 тыс. экз./м<sup>3</sup> в открытой части до 28,7 тыс. экз./м<sup>3</sup> в порту, достигая на отдельных станциях 41,4 тыс. экз./м<sup>3</sup>. В это же время в заметных количествах отмечен *P. parvus* – 5,4 тыс. экз./м<sup>3</sup> в порту и 1,9 тыс. экз./м<sup>3</sup> за его пределами. Что касается развития циклопидной копеподы *O. davisae*, в июле ее количество составляло не более 0,5–1,0 тыс. экз./м<sup>3</sup>, а в августе – 12,9 тыс. экз./м<sup>3</sup> в порту и 14,8 тыс. экз./м<sup>3</sup> в открытой части, в ноябре оно продолжало оставаться высоким (14,5 тыс. экз./м<sup>3</sup> в порту и 8,6 тыс. экз./м<sup>3</sup> в открытой части).

**Cladocera.** Самым распространенным на исследуемом полигоне был вид *P. avirostris*. Его численность в августе составляла 0,8–1,8 тыс. экз./м<sup>3</sup>, достигая максимальных значений за пределами порта. Количество *P. tergestina* в ноябре достигало 0,09 тыс. экз./м<sup>3</sup> в акватории порта, а за ее пределами – 0,3 тыс. экз./м<sup>3</sup>.

**Прочие организмы.** Отмечено очень низкое развитие *S. setosa* (0,2 тыс. экз./м<sup>3</sup>), *O. dioica* (0,3 тыс. экз./м<sup>3</sup>) и *N. scintillans* (0,4 тыс. экз./м<sup>3</sup>) (табл. 3).

Характеристики голопланктонных организмов могут отражать общие долговременные тенденции изменений, происходящих в экосистемах, что позволяет выявить и сопоставить специфический тип динамики экосистемы. Ординация (MDS) выявила максимальное сходство Геленджикской бухты и Со-

Таблица 3

Численность голопланктона (тыс. экз./м<sup>3</sup>) в акватории г. Сочи

Таксономическая форма	2012 г.					
	порт			открытая часть		
	VII	VIII	XI	VII	VIII	XI
<i>Noctiluca</i>	0	0,05	0,4	0	0,01	0
<i>Sagitta</i>	0,2	0,04	0,13	0,05	0,1	0,07
<i>Oikopleura</i>	0,02	0	0,12	0,3	0,006	0,02

2D Stress: 0



Частота встречаемости видов

- Геленджик    ◦ Анапа
- Сочи, порт    □ Сочи, открытая часть

Рис. 5. Диаграмма ординации районов исследования методом MDS для лета и осени. Точки размечены по частоте встречаемости видов голопланктона в отношении общей частоты встречаемости

чинского порта по характеру распределения частоты встречаемости видов голопланктона, а также их равноудаленность в прямоугольных координатах по этому показателю от открытых вод городов Сочи и Анапа (рис. 5). Сходство Геленджикской бухты и Сочинского порта объясняется особенностями их морфологии, гидрологии и трофическим статусом. Низкая прозрачность вод, слабое развитие донной фауны, отсутствие зарослевых биоценозов, береговой сток и слабый гидрологический режим создают на акваториях ограниченного водообмена специфические условия для развития голопланктона по сравнению с открытыми водами. Следует отметить, что в Анапской, Геленджикской бухтах и Сочинском порту, испытывающих высокую нагрузку загрязняющих стоков и рекреации, выравненность видовой структуры была довольно высокой 72–83%, т.е. смена качественного состава голопланктонных организмов не сопровождалась значительными перестройками в иерархии распределения отдельных видов (рис. 6). Структура сообщества по показателям обилия в этих районах оставалась стабильной, за исключением открытой части Сочинского порта, где этот показатель был ниже и составлял 45%. Индекс видового разнообразия был также выше (1,7–2,4 нит/особь) в более загрязненных акваториях и ниже в открытой части Сочинского порта (1,0 нит/особь). Напомним, что минимальная величина индекса видового разнообразия соответствует ситуации, когда происходит увеличение численности одного или нескольких видов, даже если численность всех остальных видов остается на том же уровне. Аномальное возрастание численности копеподы *A. clausi* в открытой части в ноябре (до 47 тыс. экз./м<sup>3</sup>)



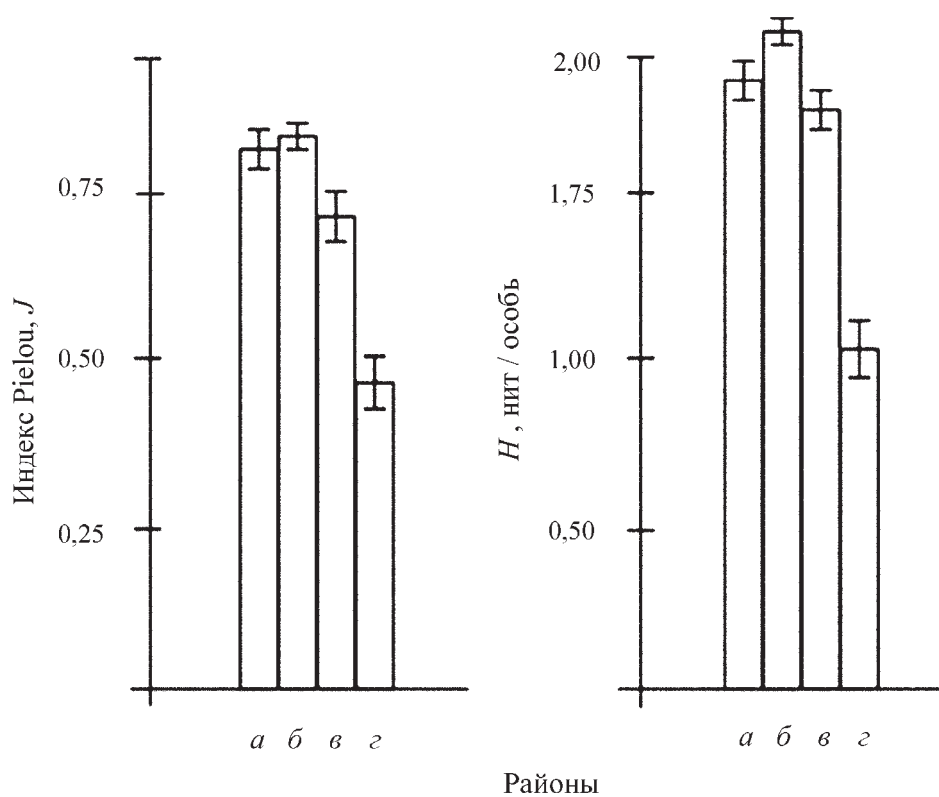


Рис. 6. Видовое разнообразие (H) и выравненность видовой структуры (индекс Pielou, J) в исследуемых районах: а – Анапская бухта, б – Геленджикская бухта, в – Сочинский порт, г – открытая часть Сочинского порта. Планки погрешности – ошибка среднего

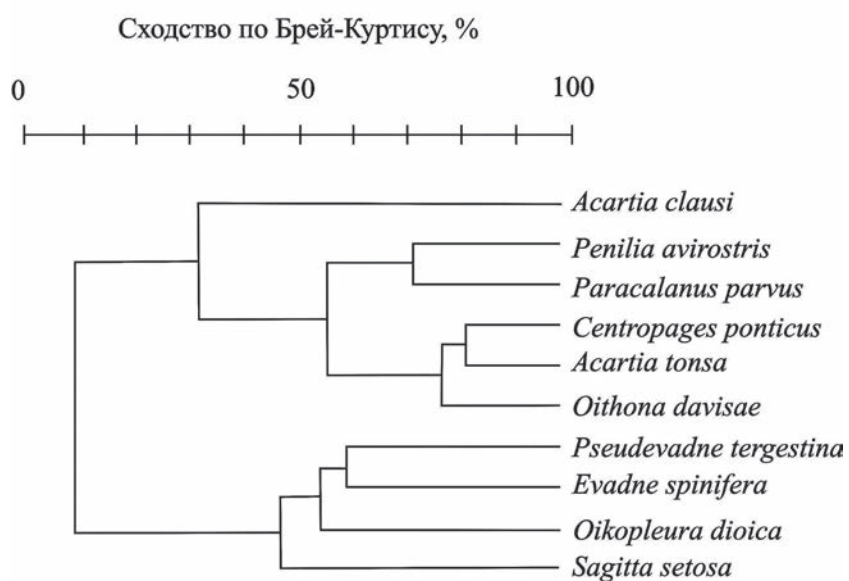


Рис. 7. Дендрограмма сходства видового состава голопланктона по коэффициенту Брей-Куртису, рассчитанная на основании средней численности для лета и осени

могло способствовать снижению индекса. Результаты сходства видового состава и обилия голопланктона (по численности) рассмотренных объектов, полученные на основе иерархической кластеризации для лета и осени, представлены на дендрограмме (рис. 7). На уровне сходства 55% прослеживалось четкое разделение дендрограммы на два кластера. Наиболее высоким сходством отличались теплолюбивые стенотермные виды копепод – *C. ponticus*, *A. tonsa* (более 80%) и *O. davisae* (77%). Степень подобия стенотермного вида кладоцер *P. avirostris* и эвритермного вида копепод *P. parvus* составляла 72%, что обусловлено сходным типом их динамики в летне-осенний сезон. Кладоцеры *P. tergestina*, *E. spinifera* выделены в одну группу при более низком уровне сходства (55%). К ним примыкали аппендикулярия и сагитта, интенсивное развитие которых отмечалось в теплое время года. Наименьшим сходством (32%) отличался эвритермный вид копепод *A. clausi*.

Отсутствие достаточного фактологического материала не позволяет проследить многолетнюю динамику обилия голопланктона в акваториях курортных городов. Известно, что заметное увеличение обилия голопланктона в Новороссийской бухте произошло в 2000–2001 гг. после успешной натурализации гребневика *B. ovata* в Черном море (Селифонова, 2012а). Положительные аномалии температуры воды способствовали более раннему заходу из Мраморного моря гребневика *B. ovata*, и его период воздействия на голопланктон сокращался. Наблюдалось сбалансированное чередование максимумов развития гребневиков *M. leidyi*, *B. ovata* и голопланктона. Следует отметить, что появление *B. ovata* совпадало по срокам со снижением уровня загрязнения вод Новороссийской бухты биогенными элементами, нефтепродуктами и тяжелыми металлами (устн. сообщ. канд. геол. наук В.К. Часовникова, Южное отделение ИО РАН), что также могло способствовать восстановительным процессам в голопланктоне. Возрастание количества голопланктона в Туапсинском порту отмечено с 2009 г., когда снизился уровень нефтяного загрязнения. По нашим наблюдениям, динамика численности и биомассы голопланктона в Новороссийском и Сочинском портах имела сходный характер. В то же время при сопоставимой биомассе средняя численность голопланктона в районе Сочинского порта была в 1,5–2,5 раза выше таковой акваторий Анапы и Геленджика. Существенное влияние на увеличение численности голопланктона могло оказать повышение температуры воды, наблюдаемое в последние годы.

В 2007–2010 гг. температура воды в прибрежных водах северо-восточного шельфа была максимальной по сравнению с предшествующими годами, причем наиболее жарким был 2010 г., когда в конце мая вода прогрелась до 19,0°C, в период летнего максимума – до 27,0–29,5°C, а в октябре температура воды составляла 18,5–19,5°C (Селифонова, 2012б). В 2012 г. температура воды в июле достигала 25,0°C, в августе – 28,3°C, в ноябре температура воды составляла 20°C (рис. 4). В результате активизации процессов развития копепод в акватории Сочинского порта четко обозначился осенний максимум обилия голопланктона (до 54,0–62,2 тыс. экз./м<sup>3</sup>), отсутствующий в прибрежных водах северо-восточного шельфа в середине 1990-х годов, в период вспышки развития хищного гребневика мнемнопсиса (Селифонова, 2012а). В открытой части порта было отмечено многократное возрастание плотности ранее редких олиготрофных форм *Copepoda* – *P. parvus*, *C. ponticus*, а также обычных черноморских видов – *A. clausi*. Также обращает на себя внимание тенденция летне-осеннего увеличения обилия копепод и кладоцер в Анапской и Геленджикской бухтах в 2010 г., когда температура воды поднялась на несколько градусов выше показателей предшествующих лет. В это время была выявлена невиданная осенняя вспышка развития циклопоидной копеподы *O. brevicornis* (22–25 тыс. экз./м<sup>3</sup>), занесенной, как полагают, в порты северо-восточного шельфа с балластными водами коммерческих судов (Селифонова, 2012а). Одновременно возросло (до 11–12,7 тыс. экз./м<sup>3</sup>) количество кладоцеры *P. avirostris*. Сезонные максимумы обилия аппендикулярий в Анапской и Геленджикской бухтах (1–2 тыс. экз./м<sup>3</sup>) в общих чертах были сходны с таковыми в Новороссийской бухте. Однако в акваториях курортных городов не удалось отметить ни одного подъема численности в популяции *S. setosa*. Известно, что в Новороссийской бухте в 2007 г. вид достигал максимальной величины обилия за последние 20 лет – 14 тыс. экз./м<sup>3</sup> (Селифонова, 2012а). Повышение температуры воды в последние годы могло оказать существенное влияние на спад в развитии холодноводной ноктилюки, поскольку прослеживается хорошее совпадение сезонного цикла развития вида с годовым ходом температуры (Загородняя и др., 2007). Более слабое развитие голопланктона в Анапской бухте, возможно, является следствием хорошего водообмена с открытым морем. На этом полигоне копеподы и кладоцеры развивались слабо, самым низким было обилие коловраток синхет по сравнению с наблюдаемым в полузакрытых портах и бухтах се-

ро-восточного шельфа. Важно также отметить, что увеличение рекреационной нагрузки на акваторию бухты способствует значительному эвтрофированию вод, следствием чего может быть летнее «цветение» у пляжей Анапы нитчатой зеленой водоросли *Cladophora vagabunda* (Vershinin, Kamnev, 2001). В отдельные периоды наблюдений гиперэвтрофирование вод бухты приводит к абсолютному доминированию толерантных к загрязнению личинок усонного рака *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854) (Селифонова, 2012б). Синезеленые и эвгленовые водоросли, показательные для более загрязненных и опресненных вод, являются существенным компонентом фитопланктона Анапской бухты летом (25% от общей численности) (Ясакова, 2012). В Геленджикской бухте и Сочинском порту их количество не превышает 3–6%, что может свидетельствовать о более благоприятных экологических условиях для развития голопланктона на этих акваториях.

Таким образом в результате исследования выявлено, что акватории курортных городов Анапа, Геленджик и Сочи имели достаточно высокую степень фаунистического сходства. Обнаруженные отличия в количественном распределении голопланктона обусловлены, главным образом, разными условиями водообмена и уровнями антропогенной нагрузки. Значительное воздействие на изменение структуры

голопланктонных сообществ оказывали гидрометеорологические условия и пресс хищного гребневика *M. leidy*. Сезонная динамика голопланктона характеризовалась выраженными летне-осенними подъемами обилия, которые отсутствовали в прибрежных водах северо-восточного шельфа в период вспышки развития хищного гребневика мнемнопсиса. Осенью основной вклад в численность вносила Copepoda, летом – Copepoda и Cladocera. В Анапской и Геленджикской бухтах в наиболее теплый 2010 г. выявлена невиданная осенняя вспышка развития циклоподной копеподы *O. brevicornis*, занесенной в Черное море с балластными водами коммерческих судов. В районе Сочинского порта в ноябре 2012 г. при достаточном прогреве вод отмечено многократное возрастание плотности ранее редких олиготрофных форм Copepoda – *P. parvus*, *C. ponticus*, обычных черноморских видов – *A. clausi*. Позитивные изменения, отмеченные в голопланктоне акваторий курортных городов, свидетельствует об улучшении экологического состояния прибрежных вод Черного моря.

Автор благодарит работников транспортной отрасли (филиалы ФГУ «АМП Новороссийск» в морских портах Сочи, Анапа, Геленджик), Сочинское отделение Русского географического общества за содействие в сборе материала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Виноградов М.Е., Лебедева Л.П., Лукашева Т.А., Анохина Л.Л. Состояние сообществ прибрежного мезопланктона северо-восточной части Черного моря в 2005 г. // Океанология. 2006. Т. 46. № 6. С. 868–877.
- Геоэкологические исследования и охрана недр. М., 2003. Вып. 4. 80 с.
- Горайнова Л.И., Литвин А.Ю., Луговая И.М., Студиград Н.П. Развитие основных компонентов летнего пелагического сообщества северо-восточного побережья Черного моря // Состояние экосистем шельфовой зоны Черного и Азовского морей в условиях антропогенного воздействия. Краснодар, 2011. С. 27–37.
- Загородняя Ю.А., Темных А.В., Морякова В.К. Сезонные изменения голопланктона в прибрежной зоне Черного моря в 2002 г. // Морск. экологич. журн. 2007. Т. 6. № 1. С. 31–42.
- Заика В.Е. Де-эвтрофикация Черного моря и влияние климатических осцилляций // Состояние экосистем шельфовой зоны Черного и Азовского морей в условиях антропогенного воздействия. Краснодар, 2011. С. 88–93.
- Коваль Л.Г. Зоо- и некрзоопланктон Черного моря. Киев, 1984. 126 с.
- Мамаева Т.И., Чеботарев Ю.С., Сорокин Ю.И. Биомасса и функциональные характеристики бактериопланктона прибрежной зоны Черного моря в районе Геленджика // Сезонные изменения черноморского планктона. М., 1983. С. 92–100.
- Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М., 1982. 287 с.
- Протасов А.А. Биоразнообразие и его оценка. Концептуальная диверсиколия. Киев, 2002. 105 с.
- Селифонова Ж.П. Экосистемы акваторий черноморских портов Новороссийска и Туапсе. СПб., 2012а. 228 с.
- Селифонова Ж.П. Таксономический состав и сезонная динамика меропланктона прибрежных вод северо-восточного шельфа Черного моря // Биол. моря. 2012б. Т. 38. № 1. С. 3–10.
- Современные методы количественной оценки распределения морского планктона / Отв. ред. М.Е.Виноградов. М., 1983. 279 с.
- Сорокин Ю.И. Особенности естественного самоочищения. Биологические процессы // Техногенное загрязнение и процессы естественного самоочищения прикавказской зоны Черного моря. М., 1996. С. 438–451.

- Шушкина Э.А., Виноградов М.Е. Сравнение концентрации зоопланктона, определяемой по данным различных сетей, батометров и по наблюдениям из подводных аппаратов, использовавшихся в черноморских экспедициях ИО РАН. // Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря. М., 2002. С. 459–468.
- Якушев Е.В., Есин Н.В., Лукашев Ю.Ф., Часовников В.К., Крыленко В.В. Влияние антропогенных факторов на гидрхимическую структуру прибрежных вод в районе Геленджикской и Голубой бухт // Наука Кубани. 2000. С. 38–44.
- Ясакова О.Н. Фитопланктон акваторий курортных городов северо-восточного побережья Черного моря // Экологическая безопасность приморских регионов (порты, берегозащита, рекреация, марикультура): тез. научн. конф., посвящ. 150-летию Н.М.Книповича. (5–8 июня 2012, Ростов-на-Дону). Ростов-на-Дону, 2012. С. 288–291.
- Clarke K.R. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure // Australian J. Ecol. 1993. N 18. P. 117–143.
- Clarke K.R., Warwick R.M. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Bourne-mouth, 1994. 144 pp.
- Vershinin A., Kamnev A. Cladophora blooms at Anapa beach, Russian Caucasian coast of Black Sea // 2nd Conference on Harmful Algae Monitoring and Management, Subic Bay, Philippines, 2001. P. 30.

Поступила в редакцию 22.01.13

## HOLOPLANKTON OF WATER AREAS OF RESORT TOWN OF THE NORTHEASTERN BLACK SEA

*Zh.P. Selifonova*

Taxonomic composition, density and seasonal dynamics of holoplankton of water areas of resort town Anapa, Gelendzhik, port of the Sochi are considered. It is revealed that these water areas had high degree of faunistic similarity. Differences in quantitative distribution of holoplankton have been caused mainly by various conditions of water exchange and levels of anthropogenic press. Considerable influence on structure change of holoplankton was rendered by hydroweather conditions and press of predatory ctenophore *Mnemiopsis leidy*. Seasonal dynamics of holoplankton was characterised by the expressed summer and autumn maxima of the abundance which were absent in coastal waters of the northeastern shelf in 1990, in the burst of development of predatory ctenophore *M. leidy*. In the autumn the basic contribution to number gave Copepoda, in the summer – Copepoda and Cladocera. Unusual autumn burst of development Cyclopoida *Oithona davisae*, brought in the Black Sea with ships' ballast waters, is revealed in Gelendzhik and Anapa bays in warmest 2010. Repeated increase of density before rare oligotrophic forms Copepoda – *Paracalanus parvus*, *Centropages ponticus*, usual the Black Sea species – *Acartia clausi* is noted at sufficient warming up of waters around the Sochi port in November, 2012. These positive changes testify to improvement of an ecological condition of coastal waters of the Black Sea.

**Key words:** holoplankton, density, seasonal dynamics, the Anapa Bay, the Gelendzhik Bay, the port of Sochi.

**Сведения об авторе:** Сelifонова Жанна Павловна – доцент Государственного морского университета имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, Новороссийск 353918, пр. Ленина, 93; канд. биол. наук (Selifa@mail.ru).